

Monitoraggio del particolato nelle pianure interne della Toscana e studio della distribuzione delle frazioni dimensionali



E.Bini, T.Cecconi, C.Collaveri, M.Stefanelli, B.P.Andreini
ARPAT Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana

Regione Toscana



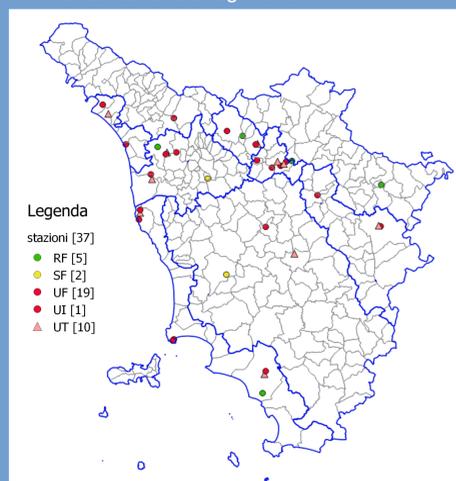
I livelli di concentrazione di particolato PM10 e PM2,5 nella zona delle pianure interne della Toscana e in particolare nella zona Prato-Pistoia e nell'agglomerato di Firenze sono tra i più critici in Toscana unitamente alla zona della Piana lucchese e del Valdarno Pisano rispetto ai limiti previsti dal D.lgs 155/10. Vari studi sono stati già effettuati sulla composizione del particolato e sull'analisi delle fonti attraverso i progetti PATOS in alcune stazioni di fondo e di traffico di queste zone [1].

In questo studio per la zona Prato-Pistoia e l'Agglomerato di Firenze si riporta una prima valutazione dell'esposizione della popolazione al particolato attraverso l'analisi della distribuzione spaziale del particolato, l'andamento nel tempo dei livelli di concentrazione monitorati presso le stazioni di rete regionale presenti nella zona negli ultimi 13 anni (2003-2015) e la distribuzione dimensionale del numero delle particelle.

METODI

ARPAT ha attivato nel 2016 tutte le 37 stazioni previste nella rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria in Toscana. Le stazioni sono collocate in 5 diverse zone e 1 agglomerato individuati in base a caratteristiche omogenee dal punto di vista del territorio, delle fonti inquinanti, e delle caratteristiche meteorologiche. In ciascuna zona le stazioni sono collocate secondo criteri stabiliti dalla normativa in siti urbani suburbani e rurali esposti a fonti di traffico, industria o al fondo (tabella 1, mappa1).

Per le elaborazioni cartografiche dei dati 2015 sono state utilizzate le medie annuali valide di PM10 delle stazioni di fondo della rete regionale.



Mappa 1

Zona	Class. Prov.	Comune	Stazione	Media giorni > 50 µg/m³	Media annuale (µg/m³)
Agglomerato di Firenze	UF	Firenze	FI-Boboli	5	22
	UF	Firenze	FI-Bassi	9	22
	UF	Firenze	FI-Grasmici	26	31
	UF	Firenze	FI-Mosse	14	24
	UF	Firenze	FI-Scandicci	10	23
Zona Prato Pistoia	UF	Prato	PO-Roma	40	28
	UT	Prato	PO-Fermosi	34	27
	UF	Pistoia	PT-Signorelli	15	23
Zona Valdarno arno e Valdichiana	SF	Montale	PT-Montale	57	31
	UF	Arezzo	AR-Arcinopoli	19	23
Zona Costiera	UF	Grosseto	GR-ARSS	0	17
	UF	Livorno	LI-Capello	0	18
	UF	Livorno	LI-Caracci	2	25
	UF	Livorno	LI-LaPira	0	21
	UF	Piombino	LI-Colone	0	18
Zona Valdarno pisano e Piana lucchese	UF	Piombino	LI-Piombino VIII	0	19
	UF	Marzo	LI-Marzo	0	19
	UF	Marzo	LI-Marzo	0	19
	UF	Marzo	LI-Marzo	0	19
	UF	Marzo	LI-Marzo	0	19
Zona collinare e montana	UF	Prato	PT-Signorelli	15	23
	UF	Pistoia	PT-Signorelli	15	23
	UF	Pistoia	PT-Signorelli	15	23
	UF	Pistoia	PT-Signorelli	15	23
	UF	Pistoia	PT-Signorelli	15	23

Tabella 1

La variazione nel tempo dei livelli di concentrazione di PM10 e PM2,5 è stata valutata attraverso l'analisi della componente di fondo (trend, che individua l'andamento generale e persistente dei dati a crescere o a decrescere sul lungo periodo) delle serie storiche nel corso degli ultimi 13 anni.

Sono stati usati due differenti approcci, il primo finalizzato all'individuazione dell'andamento indicativo della componente di trend delle diverse serie storiche analizzate, il secondo con l'obiettivo di valutare la significatività statistica del trend individuato e la sua entità.

Il secondo metodo adottato è il test di Mann-Kendall corretto per stagionalità, recentemente applicato in numerosi studi [3]. Tale metodo è un test ad ipotesi statistiche di tipo nonparametrico. Il test restituisce una stima della riduzione/aumento della concentrazione su base annua cui è associata la relativa incertezza a un dato livello di confidenza. Tale test si basa sul confronto delle coppie di osservazioni x_i, x_j ($i > j$) per accertare se $x_i > x_j$ ovvero $x_i < x_j$. L'ipotesi nulla H_0 è che la serie sia priva di trend statisticamente significativo. È stato dimostrato che tra i vari test parametrici e non parametrici disponibili per l'analisi dei trend il test di Mann-Kendall corretto per la stagionalità è tra quelli che ottiene le performance migliori rispetto ad altri test valutati utilizzando serie storiche fittizie. Al fine di stimare l'entità del trend, inoltre, è stato utilizzato un parametro sviluppato da Hirsch et al. [3] noto come SK slope estimator; tale parametro può essere determinato calcolando:

$$m_{ijk} = (x_{jk} - x_{ik}) / (j - i) \quad \text{per tutte le coppie di } (x_{jk}; x_{ik}), \text{ dove } k = 1, 2, 3, \dots, p; \quad 1 \leq i < j \leq n_k$$

Il parametro SK slope estimator è determinato calcolando la mediana dei valori m_{ijk} ottenuti; un valore positivo dello slope indica un trend crescente mentre un valore negativo un andamento decrescente.

Nel corso del 2015 e del 2016 sono state condotte una serie di misure con un **contatore ottico di particelle** (OPC), spettrometro laser Grimm aerosol in grado di distinguere 15 classi dimensionali differenti, in un range da 0.30µm a 20µm. I dati sono mediati su intervalli di 60 secondi o 15 minuti. Le misure sono state condotte presso quattro siti di monitoraggio appartenenti alla rete regionale della qualità dell'aria della Toscana, uno di traffico e tre di fondo, dove fino ad oggi si sono svolte 7 campagne di misura con OPC, nei periodi indicati in tabella. Le campagne sono state distribuite in modo omogeneo tra inverno e primavera, in modo da poter valutare anche l'incidenza della stagionalità sui dati acquisiti. Infine, per analizzare l'andamento del profilo giornaliero del numero di particelle è stato determinato per ogni singola campagna di misura il giorno medio, per ricavare un profilo giornaliero che risultasse meno condizionato dalle caratteristiche meteo-emissive peculiari del singolo giorno di campionamento.

Postazioni e periodi di misura con OPC

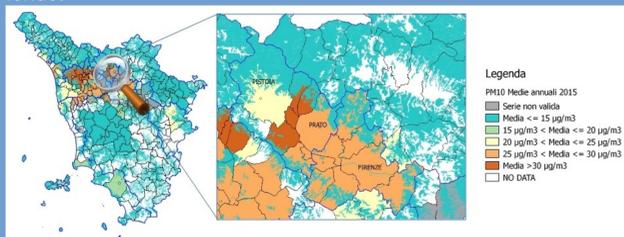
Zona	Sito campionamento	Periodo di campionamento
Prato - Pistoia	PT-MONTALE (SF)	03.02.15 - 10.02.15
	PO-ROMA (UF)	08.05.15 - 24.05.15 23.02.16 - 12.03.16
Agglomerato di Firenze	FI-BOBOLI (UF)	17.02.15 - 01.03.15
	FI-GRAMSCI (UT)	10.03.15 - 22.03.15 05.04.16 - 18.04.16
	FI-BASSI (UF)	06.06.15 - 16.06.15

S= suburbane, U= urbana, F= fondo, T= traffico

RISULTATI

Analisi degli andamenti 2003 - 2015

Sulla base dello studio svolto da ARPAT e Consorzio LAMMA per la Regione Toscana, finalizzato alla stima della rappresentatività spaziale delle stazioni di monitoraggio di fondo della rete regionale, è possibile rappresentare in prima approssimazione la distribuzione delle concentrazioni medie annuali di PM10 a cui la popolazione toscana è stata esposta nel 2015 [2]. Ad ogni stazione sono stati associati i comuni che risultano rappresentati dal dato, per parte del proprio territorio, secondo soglie stabilite. Il fondo regionale, pari a circa 10 µg/m³ come media annuale, è attribuito alle classi di uso del suolo di tipo naturale (CLC 311-521) e sovrapposto ai comuni, in modo che all'interno di ciascun comune si distinguono le aree naturali rappresentate dal dato di fondo.



Legenda
PM10 Medie annuali 2015
Serie non valida
Media <= 15 µg/m³
15 µg/m³ < Media <= 20 µg/m³
20 µg/m³ < Media <= 25 µg/m³
25 µg/m³ < Media <= 30 µg/m³
Media >= 30 µg/m³
NO DATA

Per effettuare un'analisi dei trend sufficientemente solida sono state utilizzate serie storiche sufficientemente lunghe in modo da limitare l'effetto di anni caratterizzati da condizioni meteorologiche atipiche che possono mascherare la tendenza di fondo; l'incertezza nella determinazione dell'esistenza di un trend statisticamente significativo aumenta, infatti, esponenzialmente con il diminuire della lunghezza della serie. Le analisi sono state, quindi, effettuate su serie storiche con un minimo di 5 anni di dati. Ciascuna delle serie annuali deve rispettare i criteri minimi di copertura temporale (almeno il 75% di dati validi).

ANNO	FI-BOBOLI	FI-BASSI	FI-GRAMSCI	FI-MOSSE	PT-MONTALE	PT-SIGNORELLI	PO-ROMA	PO-FERRUCCI	ANNI	AGGLOMERATO	ZONA PISTOIA	ZONA PRATO
2003	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	12	12	12	12
2004	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	12	12	12	12
2005	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	12	12	12	12
2006	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	12	12	12	12
2007	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	12	12	12	12
2008	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	12	12	12	12
2009	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	12	12	12	12
2010	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	12	12	12	12
2011	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	12	12	12	12
2012	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	12	12	12	12
2013	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	12	12	12	12
2014	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	12	12	12	12
2015	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	UF	12	12	12	12

Le analisi hanno evidenziato un trend decrescente per tutte le tipologie stazioni di monitoraggio del PM10 nelle zone oggetto di studio, mentre per il PM2,5 al momento non è stato osservato alcun trend nelle stazioni di fondo, utilizzate per la valutazione dell'esposizione della popolazione, mentre si osserva un trend decrescente nella stazione di traffico. Si riportano di seguito i risultati per stazione e per zona

ZONA	NOME STAZIONE	TIPOLOGIA STAZIONE	SLOPE	P-VALUE	TREND
AGGLOMERATO	FI-BOBOLI	UF	-0.7	5.1e-10	DECRESCENTE
	FI-BASSI	UF	-1.2	1.5e-16	DECRESCENTE
	FI-SCANDICCI	UF	-1.7	3.7e-24	DECRESCENTE
	FI-GRAMSCI	UT	-1	4.3e-12	DECRESCENTE
	FI-MOSSE	UF	-0.9	0.0001	DECRESCENTE
PRATO-PISTOIA	PO-ROMA	UF	-0.4	0.0017	DECRESCENTE
	PT-SIGNORELLI	UF	-1	6.7e-06	DECRESCENTE
	PT-MONTALE	SF	-1.2	2.2e-12	DECRESCENTE
	PO-FERRUCCI	UT	-0.6	2.7e-05	DECRESCENTE

PM10: Risultati test Mann-Kendall destagionalizzato per stazione

ZONA	NOME STAZIONE	TIPOLOGIA STAZIONE	SLOPE	P-VALUE	TREND
AGGLOMERATO	FI-BASSI	UF	-0.3	0.15	NO TREND
	FI-GRAMSCI	UT	-0.7	0.02	DECRESCENTE
PRATO-PISTOIA	PO-ROMA	UF	0	0.71	NO TREND

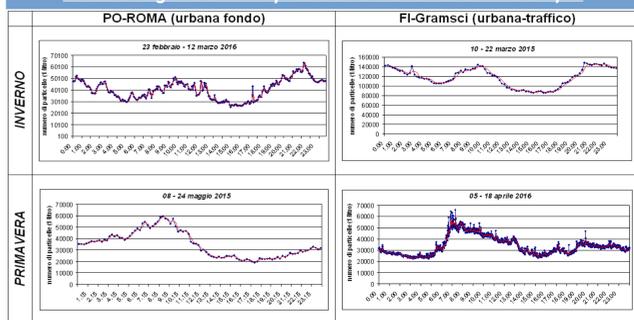
PM2,5: Risultati test Mann-Kendall destagionalizzato per stazione

Analisi dimensionale

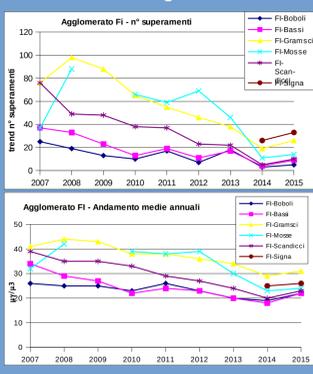
I dati ottenuti dalle misure con OPC mostrano un profilo con una netta prevalenza delle classi dimensionali più piccole e le particelle campionate sono distribuite quasi esclusivamente nelle classi dimensionali da 0.30µm a 0.65µm.

Il profilo del giorno medio presenta alcune caratteristiche che in modo più o meno marcato sono costanti in tutte le campagne di misura, in particolare: un picco di concentrazione che si sviluppa dalle prime ore del mattino fino al primo pomeriggio, una fase di minimo che si verifica intorno a metà pomeriggio ed una nuova fase di accumulo nel corso delle ore notturne, quest'ultima molto rilevante per le campagne condotte nel periodo invernale, mentre risulta appena accennata per le campagne primaverili. Si delinea quindi un ciclo giornaliero della concentrazione atmosferica delle polveri che appare tipico ed il cui profilo risulta fortemente dipendente non solo dalle condizioni emissive specifiche del sito, ma anche dalle caratteristiche di dispersione dell'atmosfera, tipiche delle diverse stagioni. In particolare, nel momento di maggior irraggiamento della giornata, tarda mattinata e primo pomeriggio, si instaurano dei moti convettivi che determinano un aumento dell'altezza dello strato di rimescolamento e condizioni favorevoli alla dispersione degli inquinanti, producendo quindi una diminuzione della concentrazione delle polveri ed è infatti proprio in corrispondenza di questo fenomeno che si registra il livello di concentrazione minima della giornata. Nei periodi più caldi come la primavera e l'estate questo effetto dispersivo è molto più intenso e si protrae più a lungo nel corso del pomeriggio, ritardando e limitando l'effetto di accumulo notturno, che nelle campagne primaverili risulta solo accennato.

Profilo del giorno medio per la frazione dimensionale 0.30µm



Anche i grafici degli andamenti degli indicatori dal 2007 al 2015 evidenziano una decrescita dei livelli riscontrabile anche a livello regionale.



PM10: Risultati test Mann-Kendall destagionalizzato per zona

Conclusioni

La popolazione della pianura tra Prato e Pistoia e nell'Agglomerato di Firenze risulta esposta a livelli di concentrazioni medi nel 2015 tra 25 e 31 µg/m³. Dall'analisi dei trend del particolato PM10 negli ultimi 13 anni si osserva una chiara tendenza alla diminuzione dei livelli di concentrazione in tutte le stazioni della rete regionale, mentre non si identifica un chiaro trend per il PM2,5. In ogni sito si osserva che le particelle campionate sono distribuite quasi esclusivamente nelle classi dimensionali da 0.30µm a 0.65µm. Pertanto, sebbene si osservi una chiara tendenza di diminuzione dell'esposizione della popolazione a PM10, risulta necessario proseguire un approfondimento sulla distribuzione delle frazioni granulometriche anche ai fini di una migliore valutazione dell'impatto sulla salute. Sono in corso ulteriori campagne di analisi della distribuzione dimensionale nella zona per valutare la variabilità nelle diverse stagioni e per ampliare la mappatura del territorio in funzione della diversa tipologia di siti.

[1] Progetto PATOS - Regione Toscana - 2015 <http://servizi2.regione.toscana.it/aria/index.php?cidDocumento=23512>[2] Rappresentatività spaziale delle stazioni della rete di monitoraggio di qualità dell'aria toscana - ARPAT, LAMMA - Marzo 2015 http://servizi2.regione.toscana.it/aria/img/getfile_img1.php?id=24329

[3] G. Cattani, A. Berneti, A.M. Caricchia, R. De Lauretis, S. De Marco, A. Di Menno di Buccianico, A. Gaeta, G. Gandolfo, E. Taurino, Analisi dei trend dei principali inquinanti atmosferici in Italia 2003-2012, Rapporto 2013/2014 (I.S.P.R.A.).